

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-119901

(43)Date of publication of application : 28.04.1994

(51)Int.Cl.

H01J 37/30

G11B 9/00

(21)Application number : 04-287123

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 02.10.1992

(72)Inventor : KAWASE TOSHIMITSU  
MIYAZAKI TOSHIHIKO  
KURODA AKIRA  
TAGAWA MASAHIRO

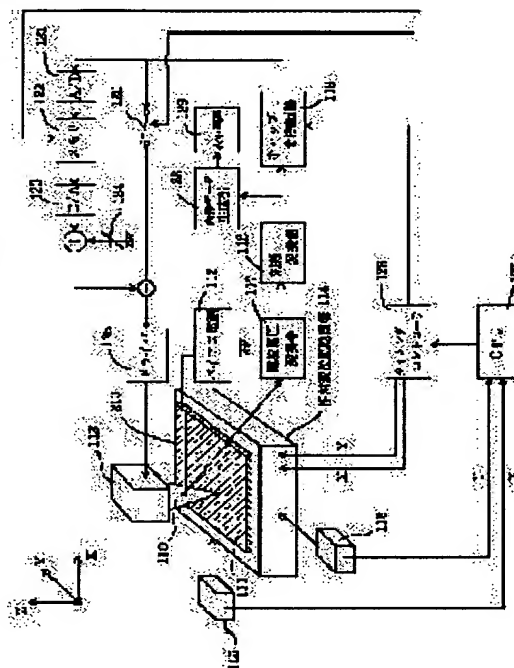
## (54) METHOD AND DEVICE FOR PROCESSING OF MINUTE GROOVE

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To sense the tunnel current between a probe and a base board to be processed, keep the distance constant by a probe driving mechanism, and make a track groove having a uniform width and height.

**CONSTITUTION:** The processing width, height, and length are stored in a CPU 127, and control device 126 gives commands to different parts. A bias is applied to a base board to be processed 111 from a power supply 112, and a probe 110 is approached to several nm's, and a tunnel current is allowed to flow. Via a current and voltage converter 117, logarithmic converter 118, gap control circuit 119, switch 120, and driver 125, the distance between the probe 110 and base board 110 is controlled. The moving amounts along the X- and Y-axis are measured by length measuring instruments 115, 116 and fed back to a relative displacement mechanism 114. The Z-direction feedback consists of an amount obtained by first turning on an analog switch 120.

extracting a signal by a data D/A converter 123 of a memory 122, and adding thereto the desired amount of groove depth and the distance between the probe and base board by a voltage adding circuit. In the condition that the probe 110 is plunged a certain amount into the board 111, the relative displacement driving mechanism 114 is moved, and thereby a uniformly processed groove is generated.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-119901

(43)公開日 平成6年(1994)4月28日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

FI

### 技術表示箇所

H O I J 37/30

Z 9172-5E

G 1 1 B 9/00

9075-5D

審査請求 未請求 請求項の数14(全 16 頁)

(21)出題番号

特願平4-287123

(22)出願日

平成4年(1992)10月2日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 川瀬 俊光

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(72)発明者 宮崎 俊彦

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(72)発明者 黒田 亮

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(74)代理人 弁理士 豊田 善雄 (外1名)

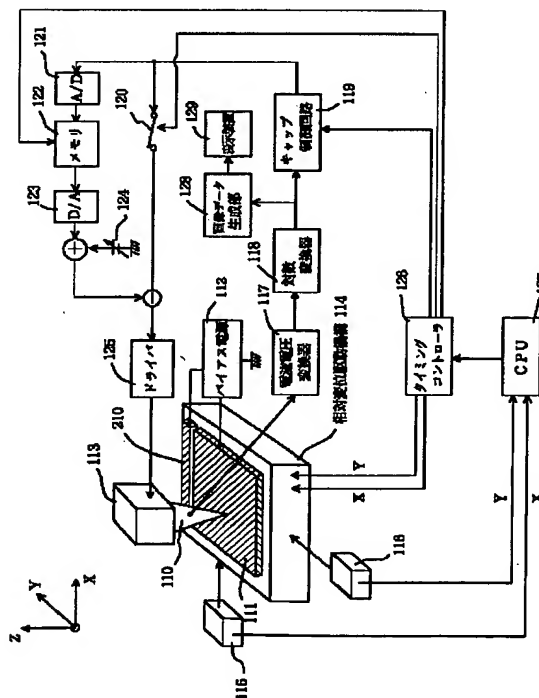
[最終頁に続く](#)

(54)【発明の名称】 微細溝加工装置及び加工方法

(57) 【要約】 (修正有)

【構成】 探針の位置を上下させる探針駆動機構 1 1 3 と、探針と加工基板を相対変位させる相対変位駆動機構 1 1 4 と、相対変位駆動機構の移動量を測長する移動量測長機構 1 1 5、1 1 6 と、加工基板と探針間の距離を制御する距離制御手段と、加工基板の所望加工位置の凹凸情報を検出し保存する凹凸情報検出保存手段と、凹凸情報検出保存手段にて保存された情報を抽出する凹凸情報抽出手段と、凹凸情報に DC 電圧をたし込み所望量探針を上下動させるための電圧付加回路 1 2 4 と、相対変位駆動機構と移動量測長機構と距離制御手段と凹凸情報検出保存手段と凹凸情報抽出手段とをシーケンスコントロールする中央演算処理手段 1 2 7 とを有する装置。

【効果】 均一な幅でかつ均一な高さを持った微細溝を長ストロークにわたって高速に形成することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 先端の鋭利な探針を用いて加工基板上に微細溝を加工形成する微細溝加工装置において、該探針の位置を上下させる探針駆動機構と、該探針と該加工基板を相対変位させる相対変位駆動機構と、該相対変位駆動機構の移動量を測長する移動量測長機構と、該加工基板と該探針間の距離を制御する距離制御手段と、該加工基板の所望加工位置の凹凸情報を検出し保存する凹凸情報検出保存手段と、該凹凸情報検出保存手段にて保存された情報を抽出する凹凸情報抽出手段と、該凹凸情報にDC電圧をたし込み所望量探針を上下動させるための電圧付加回路と、上記相対変位駆動機構と移動量測長機構と距離制御手段と凹凸情報検出保存手段と凹凸情報抽出手段とをシーケンスコントロールする中央演算処理手段とを有することを特徴とする微細溝加工装置。

【請求項2】 前記探針の先端曲率半径を算出するための予備加工用基板を有することを特徴とする請求項1記載の微細溝加工装置。

【請求項3】 先端の鋭利な探針を用いて加工基板上に微細溝を加工形成する微細溝加工装置において、該探針の先端形状が三角錐形状であることを特徴とする微細溝加工装置。

【請求項4】 前記探針を加工基板面と相対的に回転させる手段を有することを特徴とする請求項3記載の微細溝加工装置。

【請求項5】 前記探針が単結晶からなることを特徴とする請求項3又は4記載の微細溝加工装置。

【請求項6】 前記探針が炭化物単結晶からなることを特徴とする請求項3又は4記載の微細溝加工装置。

【請求項7】 前記探針が(100)(110)(211)面の3面で囲まれた尖頭部を有することを特徴とする請求項5又は6記載の微細溝加工装置。

【請求項8】 情報処理装置の高密度記録媒体のトラック溝形成手段として用いることを特徴とする請求項1〜7いずれかに記載の微細溝加工装置。

【請求項9】 位置決め装置の基準目盛形成手段として用いることを特徴とする請求項1〜7いずれかに記載の微細溝加工装置。

【請求項10】 高分解能エンコーダーの基準目盛形成手段として用いることを特徴とする請求項1〜7いずれかに記載の微細溝加工装置。

【請求項11】 前記探針を複数具備することを特徴とする請求項1〜7いずれかに記載の微細溝加工装置。

【請求項12】 請求項1記載の微細溝加工装置を用いて、前記探針と前記加工基板表面間で生じる物理現象を検出し、該物理現象より得られる信号を利用し探針と加工基板表面間の距離を前記探針駆動機構により一定に保持した状態で、前記相対変位駆動機構と前記移動量測長機構により探針を所望位置に移動させ、加工基板表面の所望加工位置の凹凸情報を前記凹凸情報検出保存手段に

より検出保存し、次に前記探針の所望上下動量と前記凹凸情報抽出手段により抽出した凹凸情報をたしあわせ、前記探針駆動機構により探針を上下に制御しながら、相対変位駆動機構と移動量測長機構により前記所望加工位置と同一箇所を移動させ微細溝を形成することを特徴とする微細溝加工方法。

【請求項13】 前記物理現象がトンネル電流であることを特徴とする請求項12記載の微細溝加工方法。

【請求項14】 前記加工基板上に微細溝を加工形成する前に、前記探針の先端曲率半径を求め、加工溝の高さと幅の関係を算出するために、予備加工を行うことを特徴とする請求項12又は13記載の微細溝加工方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、走査型トンネル顕微鏡(STM)や原子間力顕微鏡(AFM)等の先端が鋭利な探針を用いて試料表面を観察する表面観察装置を使用して、基板上に設けたトラック溝に沿って、情報を記録し、再生し、または、消去することのできる高密度情報処理装置及び、微細溝基準目盛を有する位置決め装置等のトラック溝及び微細溝を形成する微細溝加工装置及びその加工方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、実空間で導体表面を原子スケールの分解能で観察できる走査型トンネル顕微鏡(以後、STMと略す)が開発された[G. Binnig et al., Helvetica Physica Acta., 55, 726(1982)]。かかるSTMの面内分解能は、0.1nm程度である。このように分解能の高い理由は、先端が鋭利に尖った導電性の探針と導電性の試料間に流れるトンネル電流が、その距離に指数関数的に依存することにより、このことは理論的にも実験レベルにおいても確認されている。つまり、探針と試料間距離が1オングストロームの変化に対し、トンネル電流が1桁変化するものである。

【0003】また、STMが導体表面の観察に適しているのに対し、絶縁体表面の観察が可能な原子間力顕微鏡(以後、AFMと略す)が、近年、STMファミリーの装置としてSTMと同様に表面観察装置として有力である[Binnig et al., Phys. Rev. Lett. 56(1986)930参照]。かかるAFMは、先端径の小さな探針を持つカンチレバー部と、このカンチレバーの曲がりを測定する変位測定部から構成される。

【0004】これらSTMやAFMを試料表面観察装置として用いるだけでなく、試料表面加工装置として応用しようと全世界で精力的に研究されており、例えば、試料表面を機械的に切削し微細な溝を形成した加工方法として、Phillips 特開平2-116044、セイコー電子 特開平1-267504等が挙げられる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】かかる加工装置においては、例えば探針が基板表面に近接した状態で該探針と該基板を相対移動させ、何らかの電気的な方法によって基板上の媒体表面に情報を記録し、探針と基板との近接によって生じる物理現象を測定することによって、記録された情報を再生する情報処理装置に対して、高密度でかつ高速の情報記録及び再生を行うためには、基板上にある規則性をもって情報を並べるための溝幅の均一なトラック溝を安定に形成することが必要である。しかしながら上記従来例では、以下に示すような問題点があった。

【0006】特開平2-116044では、トラック溝を形成する例の記述がなされているが、これは、微小穴をビード状に形成する方法であり、トラック溝の形成に長時間かかり高速性に欠如している。かかる装置を情報処理装置に組み込み、トラック溝を装置内で形成し記録・再生する場合、決定的な装置の欠点となる。また、トラック溝のエッジのあらさは、連続する微小穴の重ね具合によると記述されている。かかる方法によれば、微小穴の形成毎にZ方向にトンネル電流によるフィードバックがかけられ、その位置から所望量押し込む操作を行うが、該微小穴の半径よりも小さい距離の地点には微小穴を形成できないため、微小穴の重ね合わせには限界があり、トラック溝のエッジはある程度荒れてしまうことは避けられない。このエッジの荒れは、トラッキング性能の低下につながる。

【0007】一方、特開平1-267504では、微細溝の均一な幅や高さを形成するための手段の記述はなく、これは、探針を用いて基板上に機械的な切削加工を行い微細で連続的なトラック溝を数ミクロンの長さにとわたって形成する時、数ミクロンの領域には基板固有の微小凹凸やうねりがあることは避けられず、前記微小凹凸やうねりを回避して数ミクロンの長さのトラック溝を均一な幅や高さに形成することができない。

【0008】そのために、再現性のあるトラック溝を形成することができず、前記トラック溝に沿って情報を記録した場合、記録情報は不規則な配列となり、再生・消去における高速性が失われ、また高密度の情報を記録できないことが大きな問題となっていた。

【0009】また、上記従来例において、加工用の探針には、W探針を電解研磨法にて作製し用いる手段が一般的であった。しかし、このような探針を用いて機械的切削加工を行えば、溝の両側に加工ばりが堆積することは避けられない物理現象である。この両側に加工ばりが堆積している加工溝を情報処理装置の記録媒体のトラック溝として適用し記録・再生・消去を行った場合、エッジ部分にある加工ばりを避けるための制御を行う必要があり、装置の高速性能を失う原因となっていた。

【0010】従って、本発明の目的は、上記問題点に鑑

み、情報処理装置の高密度記録媒体等のトラック溝を、均一な幅でかつ均一な高さで長ストロークにわたって高速に形成する微細溝加工装置及び加工方法を提供することにある。

【0011】また、本発明の他の目的は、情報処理装置の高密度記録媒体等のトラック溝を形成する際に生じていた加工ばりを、加工溝の片側にのみ堆積させることが可能な微細溝加工装置を提供することにある。

## 【0012】

【課題を解決するための手段及び作用】上記目的を達成するために成された本発明の第1は、先端の鋭利な探針を用いて加工基板上に微細溝を加工形成する微細溝加工装置において、該探針の位置を上下させる探針駆動機構と、該探針と該加工基板を相対変位させる相対変位駆動機構と、該相対変位駆動機構の移動量を測長する移動量測長機構と、該加工基板と該探針間の距離を制御する距離制御手段と、該加工基板の所望加工位置の凹凸情報を検出し保存する凹凸情報検出保存手段と、該凹凸情報検出保存手段にて保存された情報を抽出する凹凸情報抽出手段と、該凹凸情報にDC電圧をたし込み所望量探針を上下動させるための電圧付加回路と、上記相対変位駆動機構と移動量測長機構と距離制御手段と凹凸情報検出保存手段と凹凸情報抽出手段とをシーケンスコントロールする中央演算処理手段とを有することを特徴とする微細溝加工装置であり、更には、この本発明の微細溝加工装置を用いて、前記探針と前記加工基板表面間で生じる物理現象を検出し、かつ該物理現象より得られる信号を利用し探針と加工基板表面間の距離を前記探針駆動機構により一定に保持した状態で、前記相対変位駆動機構と前記移動量測長機構により該探針を所望位置に移動させ、加工基板表面の所望加工位置の凹凸情報を前記凹凸情報検出保存手段により検出保存し、次に前記探針の所望上下動量と前記凹凸情報抽出手段により抽出した凹凸情報をたしあわせ、前記探針駆動機構により探針を上下に制御しながら、相対変位駆動機構と移動量測長機構により前記所望加工位置と同一箇所を、移動させ微細溝を形成することを特徴とする微細溝形成方法である。

【0013】また、本発明の第2は、先端の鋭利な探針を用いて加工基板上に微細溝を加工形成する微細溝加工装置において、該探針の先端形状が三角錐形状あるいは三角錐に近い多角錐形状であることを特徴とする微細溝加工装置である。

【0014】本発明第1によれば、加工基板に微小凹凸やうねりがあっても同一の幅と深さをもった微小溝を加工することが可能であるが、さらに、微小溝の幅や深さを任意に設定できるように、深針の先端曲率半径を算出するための予備加工用基板を具備するのが好ましい。

【0015】上記加工による微小溝の加工高さ（深さ）や加工幅は、加工する探針の先端形状に依存するところが大きく、探針の先端が理想的な球体の幾何学形状を持

っている場合には、図8に示されるように加工高さと加工幅の関係は、探針の先端曲率半径(R)に依存したものととなる。

【0016】この関係を用いれば、加工溝の高さや幅は任意に設定できる。しかし、事実上探針先端部分は、探針の作製方法に依存することが大きく、毎回ナノメーターオーダーで先端を制御することは極めて困難である。従って、予め探針先端の形状をナノメーターオーダーの精度で計測する必要がある。探針の先端形状は、予備加工用基板に対して予備加工を行い、この時の予備加工溝を同じ探針で形状観察することで該探針の先端曲率半径を算出できる。

【0017】また、この予備加工を行うことにより、加工高さや加工幅の関係を算出することが可能であり、予備加工後に行う加工基板に対する微小溝の加工において、加工溝の高さや幅を任意に設定することが可能となる。

【0018】本発明第2によれば、探針による加工方向を変えることにより、加工溝の両側に堆積する加工ばりの堆積比率を任意に変えることが可能であり、本発明の微細溝加工装置を情報処理装置の高密度記録媒体等のトラック溝形成に用いる場合、この堆積比率は0:100%、即ち、加工溝の片側のみに加工ばりが堆積するのが最も好ましい。

【0019】この為、本発明第2において、あらかじめ予備加工基板にて探針の移動方向と加工ばりの堆積比率についてチェックするか、或いは、探針を加工基板面と相対的に回転させる手段を装置内に備えることにより、上記チェックを行えるようにするのが好ましい。

【0020】以下、図面を用いて本発明を詳細に説明する。

【0021】図1は本発明第1の微細溝加工装置の一例を示すブロック構成図である。図中、110は探針、111は加工基板であり、探針110は加工基板111の表面材料の硬さよりも硬い材料を用いることが望ましく、例えば加工基板としてガラス基板上にAu膜等を形成した基板を用いる場合には、炭化物であるTiCやWC、ダイヤモンド等を探針材料として用いることができるが、これらに限定されるものではない。また、探針の先端は先端曲率半径が0.1 $\mu$ R以下の鋭利な形状を有するのが好ましく、この加工方法としては電解研磨法が挙げられるが、特に限定されない。

【0022】また、210は探針先端曲率半径算出用の予備加工用基板、112はバイアス電源、113は探針110をZ方向に0.1ナノメートル程度の分解能で上下動させるための圧電素子、電歪素子等からなる探針駆動機構、114はナノメートルオーダーの微小位置決めが可能でかつ長ストローク(ミリメートルオーダー)のX-Y移動が可能な相対変位駆動機構である。該相対変位駆動機構114としては、例えば、積層型のPZTか

らなるアクチュエーターとX-Yヒンジステージで構成したものを適用することができるが、本発明はこの構成に限定されるものではない。115、116は相対変位駆動機構114のX、Y方向の各々の移動量を測長するX、Y軸移動量測長機構である。該移動量測長機構は、0.1ナノメートル以下の分解能を有するレーザー測長器が好ましいが、特に限定はない。

【0023】117は探針110と加工基板111の距離が数ナノメートル程度に位置する時に検出されるトンネル電流を電圧変換する電流電圧変換器、118は電流電圧変換器117から送られてくる電気信号を対数変換する対数変換器、119は探針110と加工基板111間のZ方向のギャップを制御するギャップ制御回路、120は信号の流れをON・OFFするアナログスイッチ、121はアナログ信号をデジタル変換するA/D変換器、122はA/D変換器121より送られてきたデジタル信号をメモリしかつメモリデコーダーを抽出するメモリ、123はメモリ122から送られてきたデジタル信号をアナログ信号に変換するD/A変換器、124はD/A変換器123から送られてきた信号にDC電圧をたし合わせるための電圧付加回路、125は探針駆動機構113を駆動するためのドライバである。

【0024】126は相対変位駆動機構114及びギャップ制御回路119及びメモリ122にタイミング信号を送るタイミングコントローラ、127はX軸移動量測長機構115及びY軸移動量測長機構116から送られてくる移動量信号を受取り、移動量を演算して相対変位駆動機構114を所望量移動させるようタイミングコントローラ126へ指令することと、タイミングコントローラ126に相対変位駆動機構114及びギャップ制御回路119及びメモリ122にタイミング信号を送るタイミングコントローラ126へ指令を送る中央演算処理装置(CPU)である。

【0025】次に、本装置を用いて加工基板に微細溝を形成する加工方法について、図2に示す装置駆動時の各状態のタイミングチャート及び図3に示す探針と加工基板表面との関係を模式的に示した断面図を用いながら順序だてて説明する。

#### 【0026】初期設定

所望の加工高さや加工幅及び加工長さをCPU127に記憶させる。記憶は、さらに上位に位置するマイクロコンピュータ(不図示)によって符号化し行う。CPU127より送られた信号がタイミングコントローラ126により各制御部に指令される。

【0027】前記加工高さ及び加工幅は、予め探針先端曲率半径を求め、高さや幅の関係を算出してあり、この関係式を使って記憶させた。尚、該関係式の算出法については、実施例1において述べる。

#### 【0028】図2-状態A

探針110は、加工基板111から離れた状態となって

いる(図2-(二)参照)。

【0029】加工基板は、相対変位駆動機構114により原点(0, 0)の位置に移動する(図2-(ロ), (ハ)参照)。

#### 【0030】図2-状態B

加工基板111にバイアス電源112より0から±数ボルトのバイアスが加えられた状態で、探針110を探針駆動機構により加工基板111に数ナノメートルの距離に近接させる(図2-(二)参照)。該近接距離が数ナノメートル程度の距離になった時トンネル電流が流れる。該トンネル電流が流れる距離は、バイアス値に依存しバイアス電圧が低くなるに従い距離も微小値になる。そして、前記トンネル電流を電流電圧変換器117が検出し、対数変換器118にて線形化する。トンネル電流は、前記距離に指数関数的に依存することは既知の事実であり、この事実に基づき対数変換を行うことで相対距離が求められる。この後、信号はギャップ制御回路119により帰還処理され、アナログスイッチ120を通じてドライバ125により信号を増幅し探針駆動機構113に送り、探針110と加工基板111間の距離を制御する。

#### 【0031】図2-状態C

Z方向に前記距離制御がなされた状態で、相対変位駆動機構114にて探針110と加工基板111を(x, y)の位置に相対移動させ、加工基板面内の所望加工位置の凹凸情報を得る。この時、まずZ方向フィードバック制御がON(アナログスイッチ120がON)される(図2-(イ)参照)。次に、X軸とY軸が所望量変位する(図2-(ロ), (ハ)参照)。相対移動時の移動量は、X軸移動量測長機構115、Y軸移動量測長機構116にて常時測長されている。設定移動量に対し位置ずれを起こした場合には、該移動量測長機構が位置ずれ量を検出し、かつCPU127によりタイミングコントローラ126を通して相対変位駆動機構114にフィードバックされ、位置ずれ補正が行われる。これは、後述する加工工程の時、所望の同一加工表面を相対移動するのに必要な工程である。

【0032】Z軸のフィードバック及び相対変位駆動機構114による(x, y)への移動により、探針のZ軸変位量は図2-(二)のごとく変位信号が検出される。該変位信号は、図1のA/D変換器121でデジタル化され、メモリ122にデータ保存される。

【0033】図3(a)は、この状態Cでの探針と加工基板表面との関係を示している。

#### 【0034】図2-状態D

Z方向フィードバック制御はOFF(アナログスイッチ120がOFF)され、かつ探針110が加工基板111から離れた状態をとる(図2-(二)参照)。この状態で、相対変位駆動機構114により加工基板111は原点(0, 0)の位置に戻る(図2-(ロ), (ハ)参

照)。

#### 【0035】図2-状態E

探針110を加工基板111に所望量突き刺した状態で相対変位駆動機構114を移動させ均一な加工溝を得る。

【0036】まず、Z方向フィードバック制御はON(アナログスイッチ120がON)される(図2-(イ)参照)。該フィードバック量は、状態Cにおいてメモリ122に保存されているデータD/A変換器123でアナログ信号に変換抽出した信号に、所望の微小溝深さ量(Z0)と探針・加工基板間距離(Z1)が電圧付加回路124によりたし合わされた量である(図2-(二)参照)。

【0037】尚、本例では状態Cにおいてメモリ122に入力された探針のZ軸変位量のデータを、最初のデータから出力していく例を示しているが、入力データの最後のデータから出力してもよい。この場合には、状態Dを省略するとともに、(x, y)の変位量は状態Cと逆の軌跡をたどることになる。

【0038】これらの状態で相対変位駆動機構114により加工基板111は状態Cで移動した場所と同一箇所を移動する(図2-(ロ), (ハ)参照)。

【0039】この結果、探針のZ軸変位量は、図2-(二)のように、状態Cの(二)の信号にZ0とZ1のDC成分がたし合わされた信号波形となる。この時、相対変位駆動機構114は、X軸移動量測長機構115、Y軸移動量測長機構116により、位置ずれ量を0.1ナノメートルの精度で補正しているので、探針110が状態Cと同一の加工基板上の場所を原子・分子オーダーの精度でトレースされる。

【0040】図3(b)は、この状態Eでの探針と加工基板表面との関係を示している。

【0041】以上の方法により、探針110は加工基板に微小凹凸やうねりがあっても同一の幅と深さをもった微小溝が加工され、更には、先述した初期設定により微小加工溝の幅や深さを任意に設定することが可能となる。

【0042】以上説明した本発明第1の例は、探針と加工基板間に流れるトンネル電流を検出することにより探針と加工基板間の距離を前記探針駆動機構により一定に保持するものであるが、本発明で検出する物理現象はトンネル電流に限定されるものではなく、原子間力、磁気力、イオン電流、静電気力、エバネッセント波等の物理現象を検出することにより探針と加工基板間の距離を一定に保持するものであってもよい。

【0043】次に、本発明第2の微細溝加工装置を図面を用いて説明する。図9は本発明第2の微細溝加工装置の一例を示すブロック構成図である。図中、910は先端が三角錐形状を有する探針、911は加工基板である。本発明第2において、探針910は単結晶材質であ

10

20

30

40

50



るのが好ましく、これにより探針先端の形状を均一にすることができ、かつ鋭利な形状に仕上げる事ができる。

【0044】また、探針910は加工基板911の表面材料よりも硬い材料を用いるのが望ましく、例えば炭化物単結晶体が好適である。具体的には、TiC、WC等が挙げられるが特に限定はない。

【0045】912は本装置で加工した微細な加工溝、913は加工溝912の形成の際できた加工ばり、914は加工基板を回転させるための回転機構、915は加工基板をX-Y方向に移動させるX-Y走査機構である。916は探針910を加工基板に対し3次元に相対変位させる3次元走査機構、917はバイアス電源、918は探針910を加工基板911に近接させた際に検出されるトンネル電流を電圧に変換する電流電圧変換器、919は対数変換器、920は比較器、921は積分器、922は増幅器、923は3次元走査機構916を駆動する3次元走査回路、924は回転機構914を回転させる回転回路、925はX-Y走査機構915を駆動する走査機構駆動回路、926はマイクロコンピュータ、927は表示装置である。

【0046】次に、本発明第2の微細溝加工装置に使用する探針の製造方法について、探針の材料としてフローティングゾーン法により製造したTiC（チタンカーバイド）単結晶体を使用した例を述べる。まず、材料の大きさ0.3mm×0.3mmの断面積で、長軸方向に<111>方位をもつ長さ10mmの柱状試料を使用し、このTiC材料を2分割（へき開）させた。へき開により新しく（100）面ができた。つまり、（100）面からへき開したことになる。次に、へき開後のTiC材料をウェットプロセスによりエッチングを行った。エッチング液には、フッ硝酸溶液（組成比、HF：HNO<sub>3</sub>：H<sub>2</sub>O＝1：1：1）を用いた。エッチングは該TiC材料全体を該溶液中に浸ける方法をとった。エッチング時間は、1日間放置させ施行した。次に、該TiC材料を溶液中から取り出し、超純水で洗浄し製造を終了する。本工程により完成したTiC探針は、（100）（110）（211）面の3面に囲まれている三角錐形状を有する鋭利な探針であった。図10に、この模式図を示す。

【0047】（100）（110）（211）面で囲まれた先端部の各面にできる角度を調べたところ、（211）面角度 $\theta_1=39^\circ$ 、（110）面角度 $\theta_2=54^\circ$ 、（100）面角度 $\theta_3=63^\circ$ （小数点以下切り捨て）であった。この角度は、理論値と実測の結果の両方において一致していることが確認された。

【0048】このように先端部分が（100）（110）（211）面の3面で囲まれた尖頭部を有するような探針は、先端部3面の面角度が異なるため、これを用いて微細溝加工を行った場合、加工方向を変えることに

より加工溝の両側に堆積する加工ばりの比率を容易に変化させることができ、本発明第2に用いる探針として特に好ましいものである。

【0049】次に、本装置に上記の探針を用いて加工基板に対して溝加工を行った際の加工ばりの堆積状態について説明する。

【0050】図11は加工中の探針と加工ばりの様子を表わす平面図であり、探針は（211）（110）面のなす角度が装置上方からみて直角になるように配置されている。（100）面は、図中の隠れた位置に存在し、裏面（100）面として示している。また、このようにして探針を配置したときには、（100）面は加工基板面に対し約 $60^\circ$ の傾きをもつことになる。図12

（a）に、図11（a）を紙面プラス（+）X方向からY方向に対し垂直にみた模式図を示す。また、図12

（b）に、図11（a）を紙面マイナス（-）X方向からY方向に対し垂直にみた模式図を示す。

【0051】図11（a）に示す探針の配置では、加工ばりが加工溝の両側に押しやられる。また、図11

（b）に示す探針の配置では、加工ばりが加工溝の片側にのみ押しやられる。このように、移動方向に対する探針の配置を変えることで加工ばりの堆積比率が異なる。これは、探針の先端形状が球状或いは円錐状ではなく、三角錐構造をもつことから生じる物理現象である。

【0052】次に、前記加工ばりの堆積比率が異なることで、探針が加工溝のエッジ部分でどのような動作をするかについて図13の図面を用いて説明する。図11

（a）のように加工溝の両側に加工ばりが堆積したとき、エッジ部分で探針910は加工ばりの盛り上がりから従い、上下動する（図13（a）、動き量＝Z1-Z0）。図11（b）のように加工溝の片側のみ加工ばりが堆積した場合、エッジ部分で探針910は上下に変化しない（図13（b）、動き量＝0）。

【0053】本発明第2の微細溝加工装置を情報処理装置の内部に搭載し、高密度記録媒体のトラック溝形成に用いる場合等において、上記加工ばりの堆積状態は装置の高速性にとって重要である。即ち、加工溝（トラック溝）の片側のみに加工ばりが堆積するように探針による加工方向を設定することによりトラッキングの高速化が可能となり、装置性能を向上させることができる。

【0054】従って、本発明第2において、あらかじめ予備加工基板にて探針の移動方向と加工ばりの堆積比率についてチェックし、探針と加工基板との相対的な配置方向或いは移動方向を最適に設定するのが好ましく、上記チェックは探針を加工基板面と相対的に回転させる手段を本装置内に備えることにより、容易に行うことができる。

【0055】以上説明した、本発明第1及び第2の微細溝加工装置は、特に、STMやAFM等の原理を応用した情報処理装置の高密度記録媒体のトラック溝形成手段

や、微細溝基準目盛等を有する位置決め装置の基準目盛形成手段や、高分解能エンコーダーの基準目盛形成手段として好適に用いることができる。また、これらの装置において、探針は1つに限定されるものではなく、複数の探針を用いることも可能であり、より装置の高速化がなされる。

#### 【0056】

【実施例】以下、本発明の実施例を説明する。

#### 【0057】実施例1

本実施例では、図1に示したような本発明第1の微細溝加工装置を用いて、STMの原理を応用した情報処理装置の高密度記録媒体のトラック溝を形成した。

【0058】まず、加工溝の大きさをCPU127に記憶させた。この時、加工高さを4ナノメートル、加工幅を30ナノメートル、加工長さを5ミクロンとした。尚、加工溝はX軸に平行である。また、各方向移動量とアクチュエーターであるところの圧電素子113及び相対変位駆動機構114に与える信号量は、あらかじめ換算して求められている。

【0059】加工基板111には、コーニング社製7059ガラス基板上にAuを3000オングストロームエピタキシャル成長させた基板を用いた。探針110には、TiC材料を電解研磨法にて先端曲率半径0.05μRの先端に仕上げたものを用いた。バイアス電源112には、1Vの電圧が印加されている。以下に動作説明を行うが、各駆動源へ送る信号のタイミングは、CPU127からタイミングコントローラ126を通じて行われる。

【0060】まず、探針駆動機構113により探針110を加工基板111に近づけ、これらの間にトンネル電流が流れる距離にまで接近させる。トンネル電流が流れた状態で、電圧変換器117、対数変換器118、ギャップ制御回路119、ドライバ125を通じてフィードバック制御ON状態となる。この状態で、相対変位駆動機構114にて加工基板111を原点(0, 0)から(5, 0) (単位はミクロン)の位置へ相対移動させる。同時に、相対変位駆動機構114に対し、X軸移動量測長機構115、Y軸移動量測長機構116により位置ずれ補正が常にかかっている。相対変位駆動機構114の構成は、ステンレス材料をワイヤーカット放電加工により、弾性板ばね状に加工されたX-Yピンジステーをうい、アクチュエーターには積層型のPZTを用いた構成となっている。フィードバック量より得られた信号(加工基板表面の凹凸情報)は、相対変位駆動機構114の位置情報と同期してメモリ122に保存される。次に、アナログスイッチ120にてフィードバックをOFFし、かつ探針110を加工基板111より回避させる。そして、相対変位駆動機構114を原点(0, 0)に戻す。

【0061】次に、加工工程に入る。相対変位駆動機構

114を原点(0, 0)から(5, 0) (単位はミクロン)の位置へ移動させると同時に、探針110をZ方向に制御する。制御量は、メモリ122に保存したデータをD/A変換器123でアナログ信号に変換抽出した信号に、4ナノメートルの微小溝高さと探針・加工基板間距離1ナノメートルを電圧付加回路124によりたし合わせた量である。移動時には、X軸移動量測長機構115及びY軸移動量測長機構116が常時相対移動量の測長を行っているため、前述の移動位置を0.1ナノメートルの精度でトレースされる。前述の移動と異なるところは、探針が加工基板に突き刺した状態でZ軸の制御が行われているため、探針の移動後に加工基板に加工跡が残っているところである。

【0062】該加工跡の高さ及び幅は、加工する探針先端の形状に依存するところが大きい。

【0063】本実施例では、Au材料である予備加工用基板210上に探針110を用いて予備加工を行い、該予備加工による加工溝を同一の探針110を用いた原子・分子オーダーの分解能を有するSTMにて形状観察を行い、探針の先端曲率半径を算出し、加工溝の高さと幅の関係式を算出している。

【0064】加工工程後、探針110と加工基板111間の3次元相対移動を行い、画像データ生成部128及び表示装置129にて加工基板111上の加工跡のSTM観察をおこなった。この時、Z軸方向には、トンネル電流が一定になるようにフィードバック制御されている。この結果、図4に示すように加工基板表面に凹凸があっても、溝幅30ナノメートル、溝高さ4ナノメートル、溝長さ5ミクロンの均一な加工溝が得られていることを確認した。この溝は、初期設定値の値と一致していた。

【0065】また、加工にかかった時間は、50ミリ秒であり高速に溝形成できることがわかった。さらに、本加工溝はこのようなトラック溝に限定されず、例えば微小位置決め装置に適用される位置決めマークとして用いる場合には、図5に示すように十字の溝等に形成したり、さらには、加工溝を並列にグレーティング状に配列すれば、STMの原理を応用した高分解能エンコーダー用の基準目盛に十分適用可能である。

【0066】本実施例では、探針1本で実施したが該探針を複数配列させた装置構成にすることも容易に実施可能である。

#### 【0067】実施例2

本実施例では、実施例1で用いた本発明第1の微細溝加工装置を図6に示されるようなSTMの原理を応用した情報処理装置に搭載した。

【0068】本装置にて、記録媒体610に加工溝を形成し、該加工溝をトラック溝に適用し、情報の記録・再生の実験を行った。

【0069】まず、加工溝の大きさ及びピッチ等をCP



U127に記憶させた。この時、加工高さを5ナノメートル、加工幅を10ナノメートル、加工長さ10ミクロンとし、5ミクロンピッチで20ラインとした。尚、加工溝はX軸に平行である。また、各方向移動量とアクチュエーターであるところの圧電素子113及び相対変位駆動機構114に与える信号量は、あらかじめ換算して求められている。また、探針の先端曲率半径を予備加工用基板210に対して実施例1に記述したような予備加工を行うことにより算出している。これにより、溝の高さ及び幅を決定した。

【0070】基板611には、コーニング社製7059ガラス基板上にAuを3000オングストロームエピタキシャル成長させた基板を用いた。該基板611上に、特開昭63-161552号公報及び特開昭63-161553号公報に開示されている記録媒体であるところの、スクアリウム-6-オクチルアズレン(SOAZ)ラングミュアプロジェクト(LB)膜を2層積層した。探針110には、TiC材料を電解研磨法にて先端曲率半径0.05μRの先端に仕上げたものを用いた。バイアス電源112には、1Vの電圧が印加されている。微小溝の加工動作方法は、実施例1の動作を20回繰り返して同様に行った。

【0071】加工溝の形成状態を同装置内でSTMにて確認した結果、基板上の微小の凹凸やうねりに対応した均一のトラック溝が形成されていた。形成時間は、1.4セカンドであった。次に、同一装置内で前記加工溝をトラック溝として該溝に沿った情報の記録・再生を行った。トラック溝の検出は、トラック溝エッジ検出部613にて行われる。その後CPU127にて演算され、タイミングコントローラ126を通じて相対変位駆動機構114に指令が送られ記録位置が制御される。前記トラックングを行いながらパルス電源612により+1.5Vの連続したパルスを探針110と基板611間に印加することにより、電気的な情報の書き込みを行った。記録後の基板模式図を図7に示す。その結果、所望の記録位置に高速に記録することができた。本トラック溝は、幅が均一に形成されているため、記録ビットが該トラック溝に対し平行にかつ規則正しく書き込まれている。

【0072】本実施例の微小溝は、STMの原理を応用した情報処理装置の高密度記録媒体のトラック溝として十分適用可能な溝であることを確認した。

#### 【0073】実施例3

本実施例では、図9に示されるような本発明第2の微細溝加工装置を用いて、STMの原理を応用した情報処理装置の高密度記録媒体のトラック溝を形成した。

【0074】まず、予備加工基板(図示せぬ)を用いて探針配置と探針移動方向のチェックを行った。予備加工基板は、加工基板911と交換し本装置に搭載した。本実施例では、加工基板及び予備加工基板ともに実施例1で用いた加工基板と同一のものを用いた。

【0075】次に、探針910を3次元走査機構916により予備加工基板(図示せぬ)にトンネル電流が流れる距離にまで接近させる。トンネル電流が流れた状態で、電流電圧変換器918、対数変換器919、比較器920、積分器921、増幅器922を通じてフィードバック制御ON状態となる。この状態で、X-Y走査機構915により加工基板911を所望加工位置まで移動させる。そして、探針910を予備加工基板表面から4ナノメートルの深さまで突き刺し、X-Y走査機構915にて、探針910と予備加工基板を4ミクロンY軸に平行に相対移動させる。その後、3次元走査回路923と3次元走査機構916により加工溝部の表面観察をSTMにて行う。そして、加工ばりが両側に堆積していた場合には、回転機構914を用いて予備加工基板を回転させる。回転機構914の上には、X-Y走査機構915が乗っているため、探針910の配置と探針移動方向が変わる。この動作を繰り返し、片側に加工ばりが堆積するように位置出しを行う。探針先端の形状が探針作製毎に、数ナノメートルの精度で制御されている場合には、上記の位置出しは1度チェックすれば、再チェックは不要である。

【0076】次に、予備加工基板を加工基板911に交換し、本加工に入る。動作方向は、上述のチェック時と同様にして実施した。この結果、片側にのみ加工ばりが堆積したトラック溝を形成することができた。

#### 【0077】実施例4

本実施例では、実施例3で用いた本発明第2の微細溝加工装置を、図14に示されるようなSTMの原理を応用した情報処理装置に搭載した。本装置にて、記録媒体950に加工溝を形成し、該加工溝をトラック溝に適用し、情報の記録・再生の実験を行った。

【0078】基板951には、コーニング社製7059ガラス基板上にAuを3000オングストロームエピタキシャル成長させた基板を用いた。該基板951上に特開昭63-161552号公報及び特開昭63-161553号公報に開示されている記録媒体であるところの、スクアリウム-6-オクチルアズレン(SOAZ)ラングミュアプロジェクト(LB)膜を2層積層した。

【0079】微小溝の長さは6ミクロンとした。また本数は20本とした。加工方法は、実施例3に記載の方法と同様である。また、加工溝は実施例3と同様に片側に加工ばりを堆積させるようにした。

【0080】次に、同一装置内で前記加工溝をトラック溝として該溝に沿った情報の記録・再生を行った。トラック溝の検出は、トラック溝エッジ検出部953にて行われる。その後、マイクロコンピュータ926を通じてX-Y走査機構駆動回路925に指令が送られ記録位置が制御される。前記トラックングを行いながらパルス電源952により+1.5Vの連続したパルスを探針9

10と基板951間に印加することにより、電気的な情報の書き込みを行った。その結果、所望の記録位置に高速トラッキングを行いながら情報を記録することができた。

#### 【0081】

【発明の効果】以上説明したように、本発明第1によれば、均一な幅でかつ均一な高さを持った安定な微細溝を長ストロークにわたって高速に形成することが可能となった。この結果、本発明第1によって形成した微細溝を情報処理装置の高密度記録媒体のトラック溝に適用することにより、高速でかつ高密度に情報を記録・再生することが可能となり、装置性能を大幅に向上させることができた。

【0082】また、本発明第2によれば、微細溝加工における加工ばりを加工溝の片側にのみ堆積させることが可能となった。この結果、本発明第2によって形成した微細溝を、情報処理装置の高密度記録媒体のトラック溝に適用することにより、トラッキングの高速化が可能となり、装置性能を大幅に向上することができた。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明第1の微細溝加工装置の一例を示すブロック構成図である。

【図2】図1の装置を動作させた時のタイミングチャートの一例を示したものである。

【図3】加工前後の探針と加工基板との関係を示す断面図である。

【図4】加工後の加工基板立体図である。

【図5】加工溝の他の実施例である。

【図6】本発明第1の微細溝加工装置を搭載した情報処理装置の一例を示すブロック構成図である。

【図7】情報記録後の基板表面の概略図である。

【図8】加工高さと加工幅の関係を示す図である。

【図9】本発明第2の微細溝加工装置の一例を示すブロック構成図である。

【図10】本発明第2に用いる探針の一例を模式的に示した図である。

【図11】本発明第2による微細溝加工中の探針と加工ばりの様子を表わす平面図である。

【図12】図11の加工中の様子の側面図である。

【図13】探針の軌跡を説明するための図である。

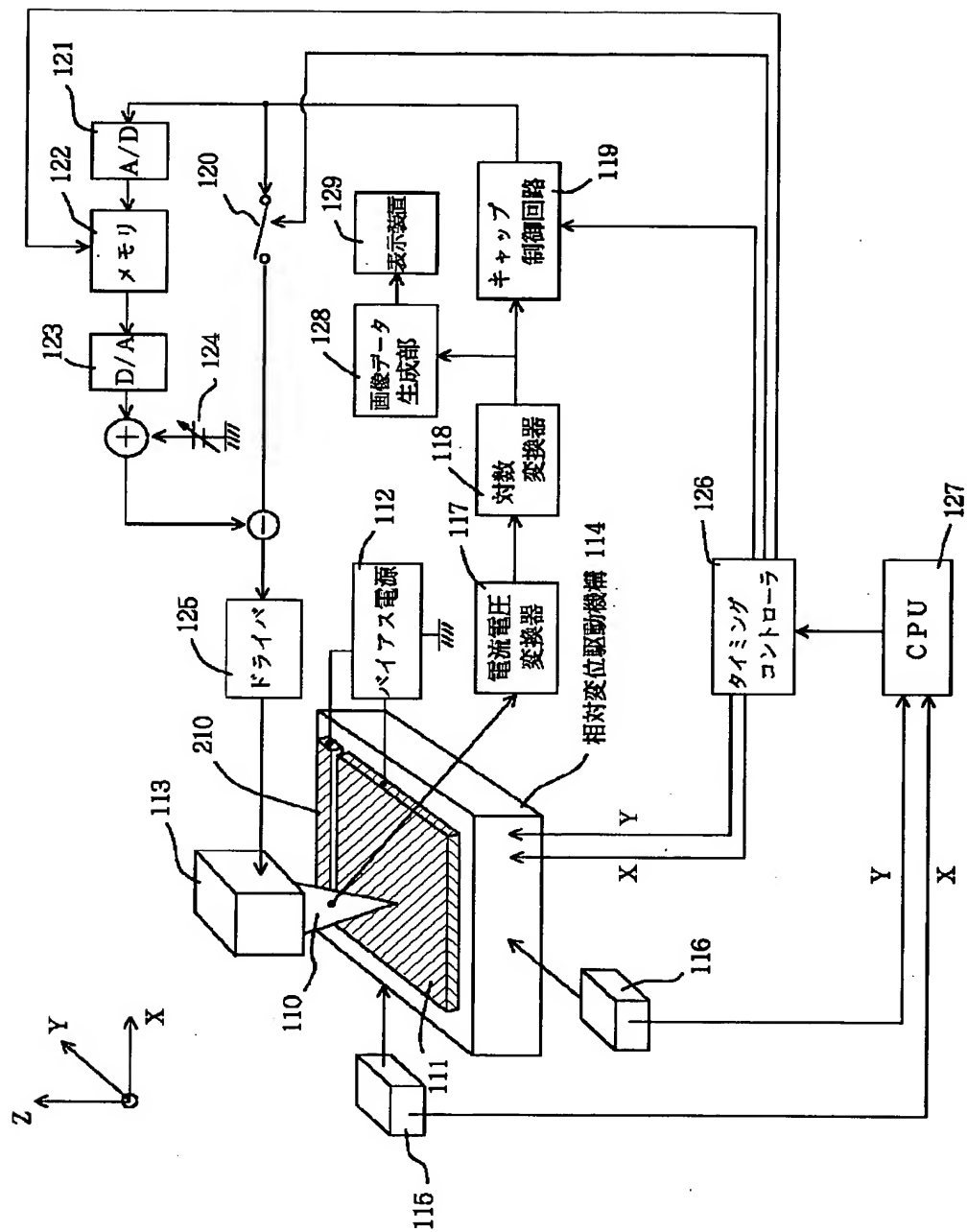
【図14】本発明第2の微細溝加工装置を搭載した情報処理装置の一例を示すブロック構成図である。

#### 【符号の説明】

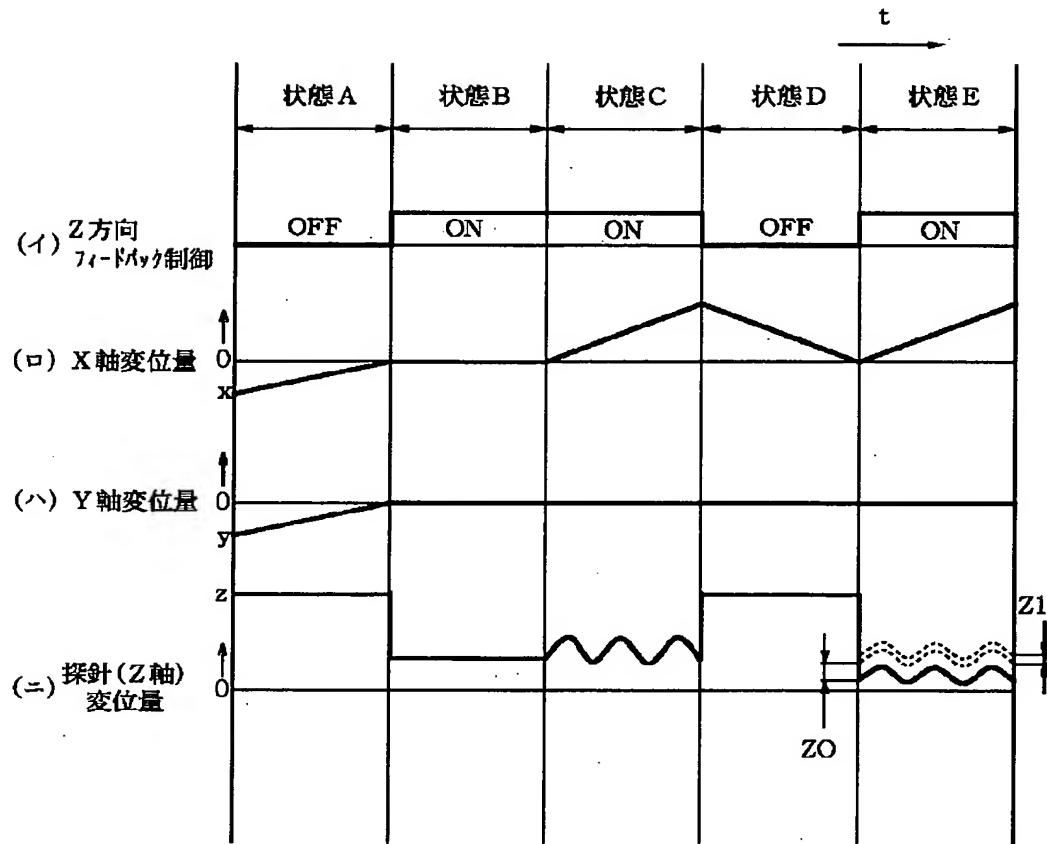
110 探針

111 加工基板  
 112 バイアス電源  
 113 探針駆動機構  
 114 相対変位駆動機構  
 115 X軸移動量測長機構  
 116 Y軸移動量測長機構  
 117 電流電圧変換器  
 118 対数変換器  
 119 ギャップ制御回路  
 120 アナログスイッチ  
 121 A/D変換器  
 122 メモリ  
 123 D/A変換器  
 124 電圧付加回路  
 126 タイミングコントローラー  
 127 CPU  
 210 予備加工用基板  
 610 記録媒体  
 611 基板  
 612 パルス電源  
 613 トラック溝エッジ検出部  
 910 探針  
 911 加工基板  
 912 加工溝  
 913 加工ばり  
 914 回転機構  
 915 X-Y走査機構  
 916 3次元走査機構  
 917 バイアス電源  
 918 電流電圧変換器  
 919 対数変換器  
 920 比較器  
 921 積分器  
 922 増幅器  
 923 3次元走査回路  
 924 回転回路  
 925 X-Y走査機構駆動回路  
 926 マイクロコンピュータ  
 927 表示装置  
 950 記録媒体  
 951 基板  
 952 パルス電源  
 953 トラック溝エッジ検出部

【図1】



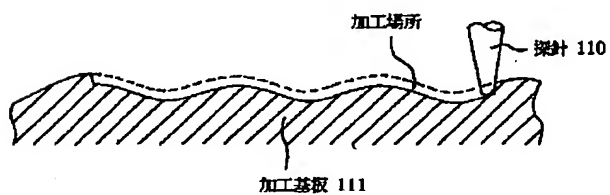
【図2】



【図3】

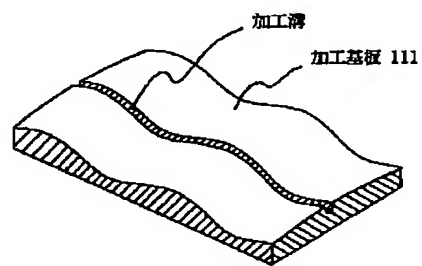


(a)

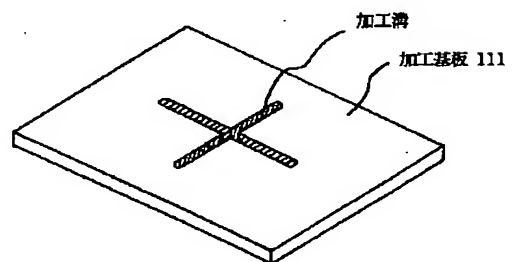


(b)

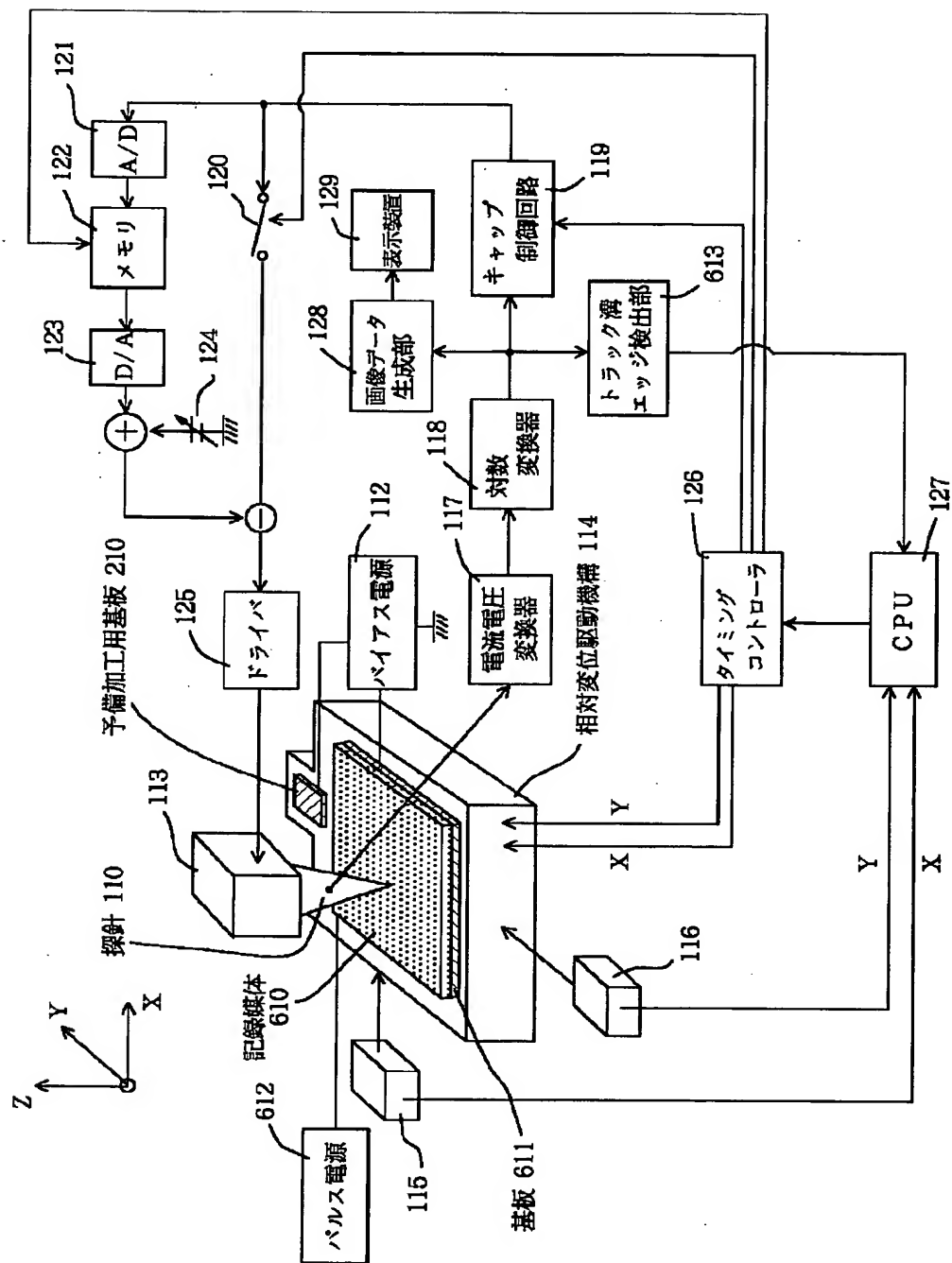
【図4】



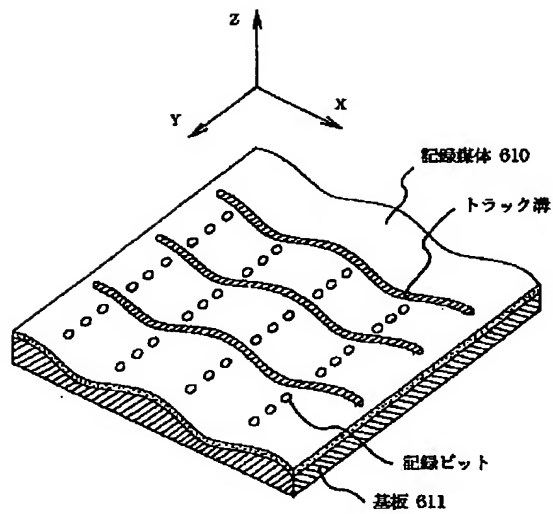
【図5】



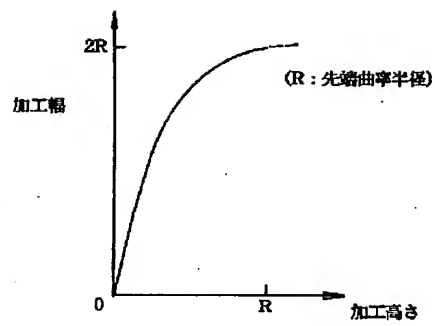
【図 6】



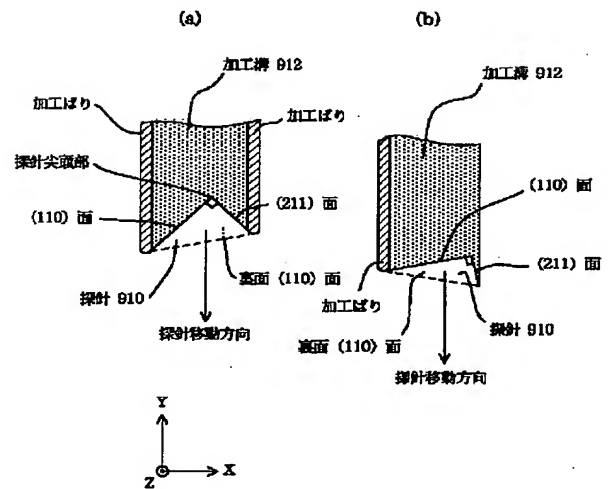
【図7】



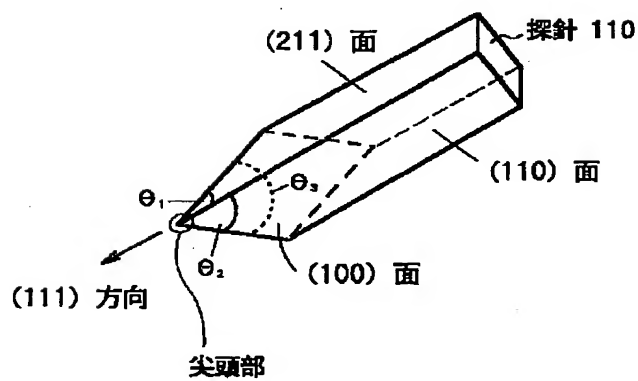
【図8】



【図11】

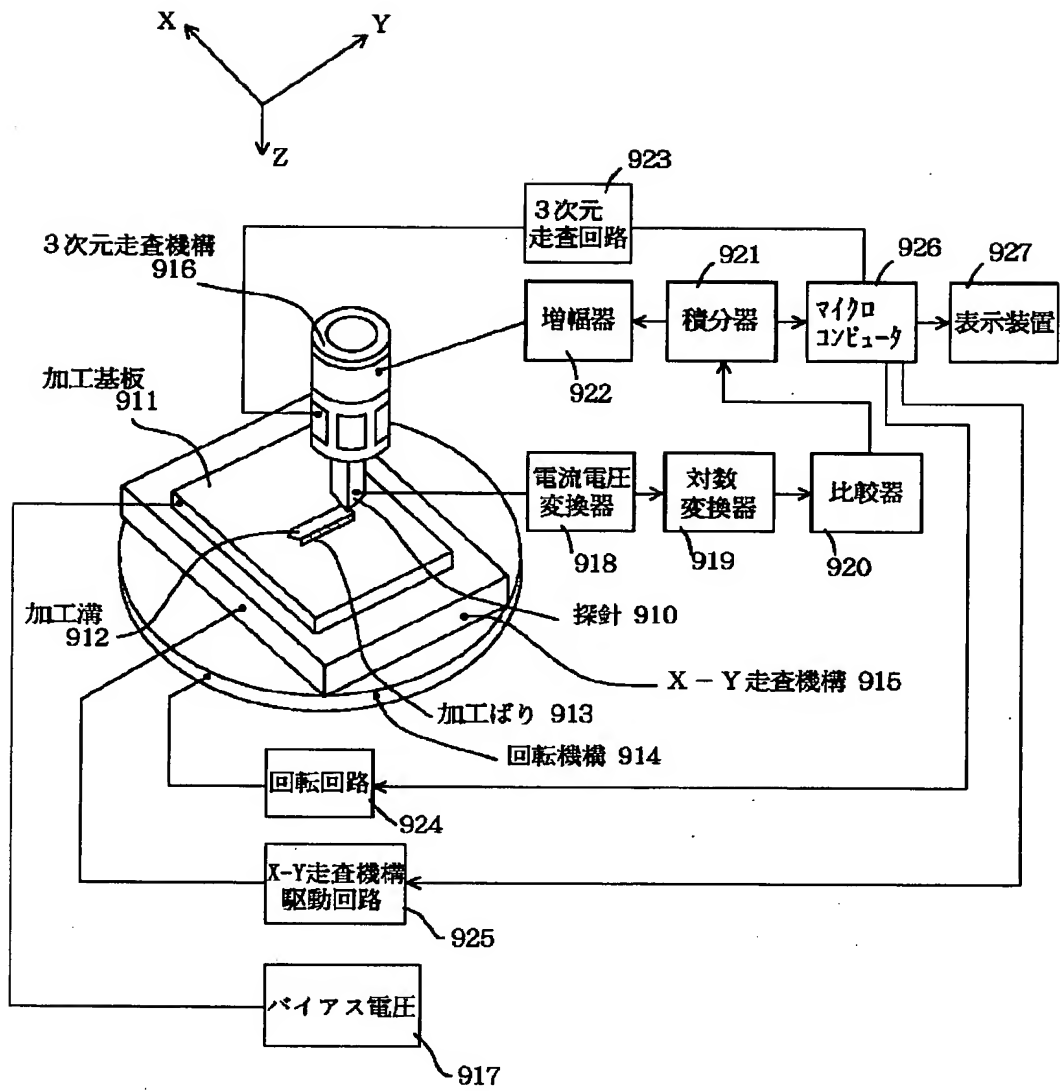


【図10】

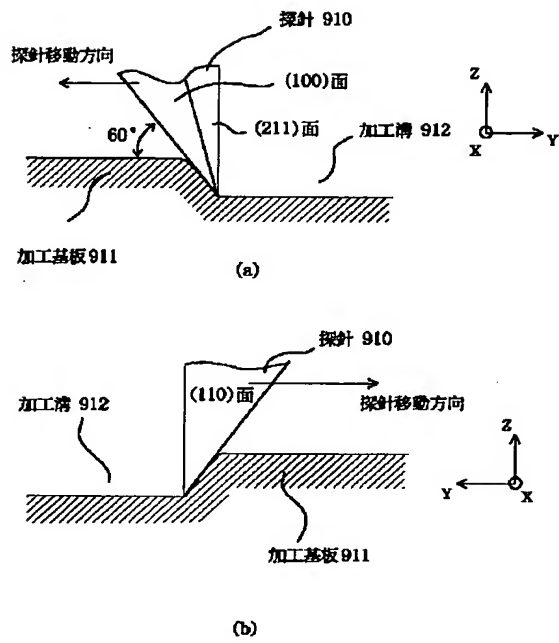




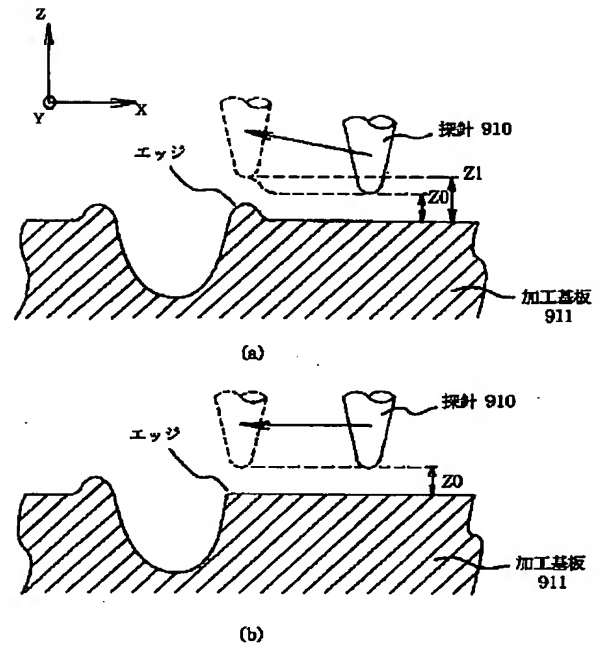
【図9】



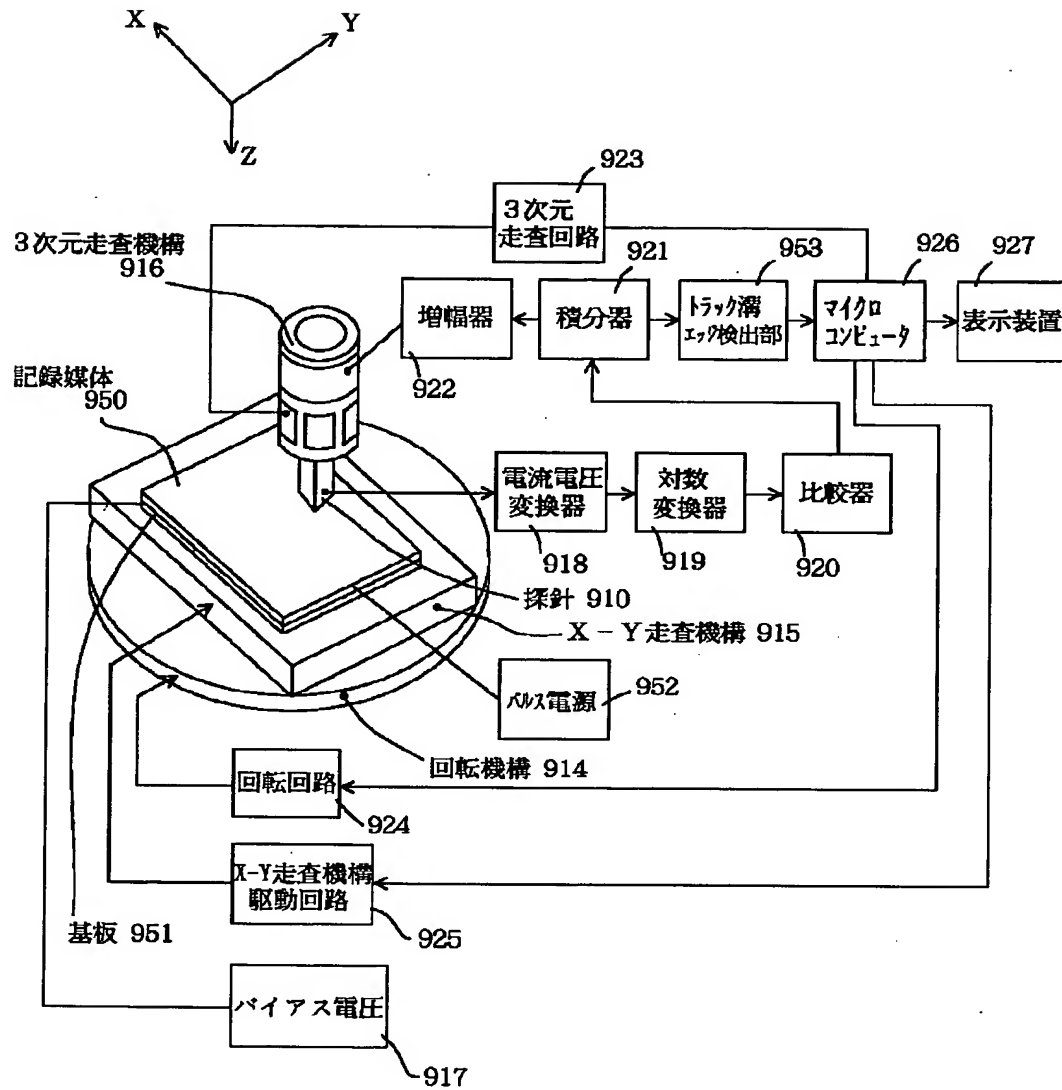
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 多川 昌宏  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内